

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
22 novembre 2001 (22.11.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/87446 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
A63H 27/127, 27/04, 30/02

(81) État désigné (national) : US.

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/01018

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(22) Date de dépôt international : 5 avril 2001 (05.04.2001)

Publiée :

(25) Langue de dépôt : français

— avec rapport de recherche internationale

(26) Langue de publication : français

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

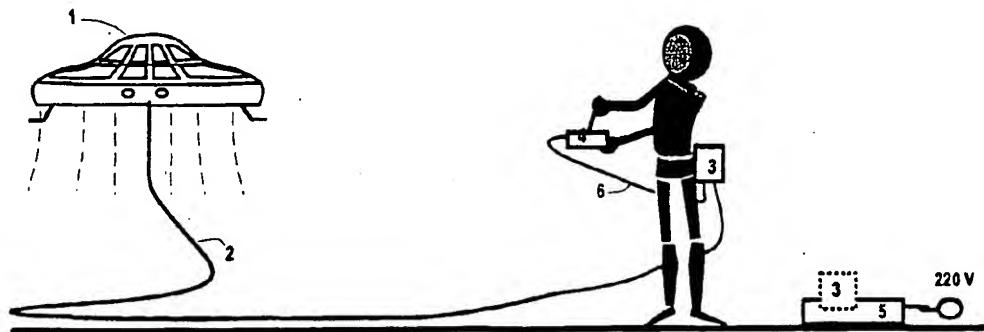
(30) Données relatives à la priorité :
00/06337 18 mai 2000 (18.05.2000) FR

(71) Déposant et

(72) Inventeur : LOUVEL, Philippe [FR/FR]; 71, avenue
Edouard Herriot, F-92350 Le Plessis Robinson (FR).

(54) Title: ELECTRICAL REMOTE-CONTROL AND REMOTE-POWER FLYING SAUCER

(54) Titre : SOUCOUPE VOLANTE ELECTRIQUE, PILOTEE ET ALIMENTEE A DISTANCE



(57) Abstract: The invention concerns a remote-control and remote-power aircraft, powered by electric motors coupled to propellers, characterised in that it is capable of hovering or of controlled movement in the three dimensions. The system consists of an aircraft (1), a control unit (3) and a control box (4). The aircraft comprises four propellers each powered by an electric motor, a gyroscopic device, inclination and yawing motion sensors and an outer protective shell. The invention also concerns the method for automatic flight control. The main aim of the invention is to provide an entertaining and educational toy mainly for indoor flight. In another embodiment, the aircraft is equipped with an onboard micro-camera for performing remote inspections of works where access is difficult.

A1

(57) Abrégé : L'objet de l'invention est un aéronef piloté et alimenté à distance, propulsé par des moteurs électriques accouplés à des hélices, caractérisé en ce qu'il est capable de faire du vol stationnaire ou de se déplacer dans les trois dimensions de façon maîtrisée. Le système est composé d'un aéronef (1), d'une unité de contrôle (3) et d'un boîtier de commande (4). L'aéronef comporte quatre hélices entraînées chacune par un moteur électrique, un dispositif gyroscopique, des capteurs d'inclinaisons et de mouvement de lacet et une enveloppe externe de protection. L'invention concerne également le procédé d'asservissement du vol. Le but principal de cette invention est de proposer un jouet amusant et éducatif qui est principalement destiné au vol indoor. Dans une variante de l'invention, l'aéronef est équipé d'une micro-caméra embarquée, le but étant de réaliser des télé-inspections sur des ouvrages difficilement accessibles.

WO 01/87446 A1

SOUCOUPE VOLANTE ELECTRIQUE, PILOTEE ET ALIMENTEE A DISTANCE

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention se rapporte à un aéronef léger de type soucoupe 5 volante, piloté et alimenté à distance, capable de faire du vol stationnaire et de se déplacer dans les trois dimensions.

ART ANTERIEUR

On connaît le brevet US4161843 publié en 1979, qui présente un aéronef qui 10 comporte quatre hélices entraînées par un moteur électrique unique, alimenté à distance. L'inconvénient de cette invention est que le contrôle de l'attitude de l'aéronef et donc son vol contrôlé est impossible en faisant simplement varier la vitesse du moteur comme indiqué.

On connaît le brevet FR2737130 publié en 1997, qui présente un avion léger mu 15 par un moteur électrique, alimenté et piloté à distance, prévu pour le vol indoore. Cet avion n'est pas capable de faire du vol stationnaire.

On connaît le brevet US5672086 publié en 1997, qui présente un aéronef mu par 20 un moteur électrique grâce à un accumulateur embarqué, piloté à distance sans fil, et qui comporte deux hélices. L'inconvénient de cette invention est qu'il n'existe pas dans l'état de la technique actuel des accumulateurs avec un rapport puissance/poids suffisant pour permettre la sustentation en vol stationnaire.

On connaît le brevet US5971320 publié en 1999, qui présente un hélicoptère, alimenté à distance, et qui comporte un rotor principal et trois hélices 25 embarquées sur ce rotor en bout des pales, ces hélices étant entraînées chacune indépendamment par un moteur électrique via un commutateur électrique rotatif. L'inconvénient de ce dispositif est que le commutateur est compliqué à fabriquer et que le temps de réponse des moteurs doit être très performant, ce qui grève le coût d'un tel appareil.

30

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

L'invention présentée ici résout les inconvénients des inventions de l'art antérieur.

35 L'objet de l'invention est un aéronef piloté et alimenté à distance, propulsé par des moteurs électriques accouplés à des hélices, caractérisé en ce qu'il est capable de faire du vol stationnaire ou de se déplacer dans les trois dimensions de façon maîtrisée. Le système est composé d'un aéronef, d'une

unité de contrôle et d'un boîtier de commande. L'aéronef comporte quatre hélices entraînées chacune par un moteur électrique, d'un dispositif gyroscopique, de capteurs d'inclinaisons et de mouvement de lacet et d'une enveloppe externe de protection.

5 L'invention concerne également le procédé d'asservissement du vol.

Le but principal de cette invention est de proposer un jouet amusant et éducatif qui est principalement destiné au vol indoore.

Dans une variante de l'invention, l'aéronef est équipé d'une micro-caméra embarquée, le but étant de réaliser des télé-inspections sur des ouvrages 10 difficilement accessibles.

DESCRIPTION DES FIGURES

La figure 1 présente l'invention en situation d'utilisation.

La figure 2 montre l'intérieur de l'aéronef en vue de dessus.

15 La figure 3 montre l'intérieur de l'aéronef en vue de côté.

La figure 4 présente une vue en perspective de l'agencement des moteurs et des capteurs.

La figure 5 présente le schéma du boîtier de commande (4) et les mouvements de la manette de commande (7).

20 La figure 6 présente le schéma électrique interne de l'aéronef (1).

La figure 7 présente le schéma électrique interne de l'unité de contrôle (3).

La figure 8 présente le schéma électrique interne du boîtier de commande (4).

La figure 9 présente le schéma de l'asservissement réalisé par le circuit électrique (81).

25 La figure 10 présente une variante du schéma de l'asservissement réalisé par le circuit électrique (81).

La figure 11 présente une vue de dessus du carter externe (40) de l'aéronef.

La figure 12 présente une vue de dessous du carter externe (40) de l'aéronef.

La figure 13 présente l'aéronef équipé d'une micro-caméra embarquée (300).

L'aéronef (1) a la forme générale d'une soucoupe volante, comme le montre la figure FIG.1. Il est relié à l'unité de contrôle (3) par un câble souple multi-conducteurs (2).

Le boîtier de commande (4) est manipulé par l'utilisateur et est relié à l'unité de contrôle (3) par un câble souple multi-conducteurs (6).

L'unité de contrôle (3) est soit portée par l'utilisateur, soit peut s'enficher sur un socle de recharge (5) qui se connecte au réseau d'alimentation électrique normal.

10 AERONEF (1)

Comme le montre les figures FIG.2 et FIG.3, l'aéronef comporte quatre hélices propulsives (10), (11), (12), (13) d'axe vertical, disposées dans un plan horizontal selon un carré, qui assurent la poussée de sustentation.

Chaque hélice est entraînée de façon indépendante par un moteur électrique.

15 L'hélice (10) est entraînée par le moteur (20). L'hélice (11) est entraînée par le moteur (21). L'hélice (12) est entraînée par le moteur (22). L'hélice (13) est entraînée par le moteur (23).

20 Le châssis supportant les moteurs est constitué de deux planches rectangulaires (30) et (31), disposées dans un plan vertical, qui se croisent à angle droit dans la zone centrale de l'aéronef.

La planche (30) supporte les moteurs (10) et (12). La planche (31) supporte les moteurs (11) et (13), comme représenté sur la figure FIG.4.

25 Les hélices (10) et (12) tournent dans le sens horaire. Les hélices (11) et (13) ont un pas inverse et tournent dans le sens anti-horaire. Comme les hélices tournent à des vitesses voisines, la somme des couples de réaction au niveau de l'aéronef est faible.

30 Les hélices (10) et (12) représentées sur la figure FIG.3 sont situées dans un plan horizontal décalé par rapport aux hélices (11) et (13), ce qui permet d'avoir un recouvrement des zones balayées et donc une solution compacte en encombrement.

Au centre de l'aéronef se trouve un rotor gyroscopique (50) qui est situé dans un plan horizontal au dessus de celui des hélices. Ce rotor gyroscopique est entraîné par un cinquième moteur électrique (51). Ce rotor, tournant rapidement, est destiné à créer un moment d'inertie important, ce qui confère à l'aéronef une stabilité suivant son axe vertical. La raideur gyroscopique de ce rotor ralentit les oscillations de roulis et de tangage de l'aéronef de manière à ce que l'asservissement de contrôle (qui sera détaillé plus loin) puisse avoir le temps d'apporter les corrections par rapport aux écarts d'attitude de l'aéronef.

Le rotor a les propriétés suivantes : sa masse est concentrée sur la périphérie, son équilibrage est soigné, la zone intérieure est ajourée pour laisser passer le flux d'air induit par les hélices. Le rotor gyroscopique étant quasiment plat, il ne participe pas à la sustentation. Il présente une 5 traînée aérodynamique en rotation très faible et son couple de réaction au niveau de l'aéronef est négligeable.

Les moteurs (21), (22), (23), (24) et (51) sont des moteurs électriques à courant continu. Les fils d'alimentation des moteurs sortent de l'aéronef par un trou (42) de l'enveloppe situé au milieu de la partie inférieure.

10

L'enveloppe (40) est un carter de protection très ajouré pour laisser passer le flux d'air, comme représenté sur les figures FIG.11 et FIG.12. Les zones ajourées comportent un maillage de protection (43) qui empêche l'introduction d'un doigt à l'intérieur de l'enveloppe. La partie latérale (41) est pleine. 15 La partie inférieure est complètement ajourée et ne comporte que le maillage de protection (43).

L'enveloppe de protection est fabriquée en matériau plastique souple, de façon à amortir les chocs si l'aéronef heurte un autre objet ou si l'aéronef tombe au sol suite à une défaillance. Le rôle de l'enveloppe consiste aussi à 20 empêcher qu'une rupture totale ou partielle des éléments tournants ne s'échappe de l'aéronef. L'enveloppe assure ainsi le niveau de sécurité nécessaire, notamment dans le cas où l'aéronef est utilisé comme jouet.

Les quatre pieds (44), (45), (46) et (47) sont fixés sur les planches (30) et (31), comme le montre les figures FIG.3 et FIG.4. Ces pieds sont également 25 fabriqués en matériau souple pour atténuer les chocs et les rebonds lors de l'atterrissement de l'aéronef.

L'avant de l'aéronef est le côté où est situé l'hélice (10). Il est reconnaissable de l'extérieur par la présence d'un décor simulant des phares 30 blancs (48), visible sur la figure FIG.11. L'arrière est le côté où est situé l'hélice (12) . Il est reconnaissable de l'extérieur par la présence d'un décor simulant des phares rouges (49). Dans une variante de l'invention, l'aéronef comporte des phares à l'avant et un dispositif d'émission de signal sonore.

35

L'aéronef est pourvu de trois capteurs d'attitude qui servent à l'asservissement du vol . Ces capteurs sont positionnés comme le montre la figure FIG.4.

Il y a 2 capteurs d'inclinaison :

Le capteur (61) est mono-axe et détecte l'inclinaison de roulis : il donne l'inclinaison gauche-droite de l'aéronef par rapport à l'horizontale.

Le capteur (62) est mono-axe et détecte l'inclinaison de tangage : il donne l'inclinaison avant-arrière de l'aéronef par rapport à l'horizontale.

5 Dans un autre mode de réalisation de l'invention, les capteurs (61) et (62) peuvent être remplacés par un seul capteur bi-axes qui détecte simultanément les inclinaisons de roulis et de tangage.

Le capteur de lacet (63) est constitué d'un dispositif gyrocompas miniature. Son moment cinétique est dirigé suivant l'axe X. Il est situé à proximité du 10 centre de l'aéronef.

Le fonctionnement de ces capteurs et de l'asservissement du vol sera détaillé plus loin.

BOITIER DE COMMANDE (4) et MANETTE (7)

15 Le boîtier de commande comporte une manette (7) et est relié à l'unité de contrôle par le câble (6).

La figure FIG.5 représente le boîtier de commande.

Le basculement de l'aéronef vers l'avant est obtenu en poussant la manette dans la direction (70).

20 Le basculement de l'aéronef vers l'arrière est obtenu en tirant la manette dans la direction (72). Le basculement de l'aéronef vers la droite est obtenu en inclinant la manette dans la direction (71). Le basculement de l'aéronef vers la gauche est obtenu en inclinant la manette dans la direction (73). La rotation de l'aéronef vers la droite (sens horaire vu de dessus) est obtenue 25 en tournant la manette vers la direction 75.

La rotation de l'aéronef vers la gauche (sens anti-horaire vu de dessus) est obtenue en tournant la manette vers la direction 76.

30 Le bouton 78 permet d'augmenter simultanément la vitesse des quatre hélices, ce qui provoque la montée de l'aéronef. Le bouton (78) est actionné par l'index de l'utilisateur.

Le bouton 79 permet de diminuer simultanément la vitesse des quatre hélices, ce qui provoque la descente de l'aéronef. Le bouton (79) est actionné par le majeur de l'utilisateur.

35 Un système de ressort provoque, en l'absence d'effort sur la manette, le rappel de la manette en position centrale.

Dans une variante de l'invention, le bouton 170 permet d'allumer les phares avant de l'aéronef et le bouton 171 permet d'activer un signal sonore dans

l'aéronef. Les boutons (170) et (171) sont actionnés par le pouce de l'utilisateur.

UNITE DE CONTROLE (3) ET SCHEMAS ELECTRIQUES

5 L'unité de contrôle (3) est représentée de façon schématique sur la figure FIG.7.

Cette unité contient un accumulateur d'énergie électrique (80) capable d'alimenter en courant les 5 moteurs électriques de l'aéronef pendant plusieurs minutes.

10 Elle contient également un circuit électronique (81) de contrôle du vol de l'aéronef.

La fonction de l'unité de contrôle (3) est de piloter chacun des quatre moteurs en commandant le courant par quatre sorties de commande hachée (PWM : Pulse Width Modulation) dont le rapport cyclique est calculé par le
15 microcontrôleur (84).

L'interface de puissance est réalisée au moyen d'un circuit électronique (82) contenant les quatre transistors de puissance (170), (171), (172) et (173) qui pilotent le courant dans chacune des lignes de commande des moteurs (120), (121), (122) et (123) en fonction de la consigne de commande cyclique
20 élaborée par le microcontrôleur.

L'unité de contrôle contient aussi un interrupteur de mise en marche (102) qui permet de mettre sous tension ou de mettre hors tension l'unité de contrôle (3) ainsi que l'alimentation positive (101) de l'aéronef.

25 L'unité de contrôle contient aussi deux bornes d'interface avec le socle de recharge, la borne positive (191) et la borne négative (190).

A l'intérieur de l'unité de contrôle, la masse est distribuée aux différents composants qui l'utilisent : la masse pour l'aéronef est la liaison (100), la masse utilisée par le boîtier de commande est la liaison (140).

30 Le circuit électronique (81) délivre l'alimentation Vreg stabilisée (130) pour les capteurs d'inclinaison et de mouvement de lacet et pour le boîtier de commande (141).

Le circuit électronique (81) reçoit en entrée les signaux des capteurs d'inclinaison .

35 Le signal (131) est un signal analogique provenant du capteur d'inclinaison (61). Le signal (132) est un signal analogique provenant du capteur d'inclinaison (62). Le signal (133) est un signal analogique provenant du capteur de mouvement de lacet (63).

Le circuit électronique (81) reçoit également en entrée les signaux de la manette du boîtier de commande.

Le signal (150) est un signal analogique provenant de la commande d'inclinaison avant - arrière. Le signal (151) est un signal analogique provenant de la commande d'inclinaison gauche - droite. Le signal (152) est un signal analogique provenant de la commande de rotation gauche - droite. Le signal (153) est un signal tout ou rien provenant de la commande montée - descente.

10 La figure FIG.6. représente le schéma électrique de l'aéronef.

L'alimentation positive des 5 moteurs est un commun (101).

La ligne (120) pilote par la masse le moteur (20) qui entraîne l'hélice (10).

La ligne (121) pilote par la masse le moteur (21) qui entraîne l'hélice (11).

La ligne (122) pilote par la masse le moteur (22) qui entraîne l'hélice (12).

15 La ligne (123) pilote par la masse le moteur (23) qui entraîne l'hélice (13).

La polarité des moteurs (21) et (23) est inversée de façon à ce que le sens de rotation de ces 2 moteurs soit l'inverse du sens de rotation des moteurs (20) et (22).

Le moteur (51) est alimenté simplement entre les lignes (100) et (101).

20

L'alimentation positive Vreg des capteurs d'inclinaison (61), (62) et du capteur de mouvement de lacet (63) est fournie par la ligne (130). Cette alimentation est régulée, par exemple 5 volts, pour que les mesures fournies par les capteurs ne soit pas influencées par les variations de courant 25 consommé sur la batterie rechargeable.

L'alimentation négative des capteurs d'inclinaison (61), (62) et du capteur de mouvement de lacet (63) est fournie par la ligne (100).

30 La ligne 131 est une tension analogique délivrée par le capteur de roulis (61) : la tension délivrée est proportionnelle à l'angle que fait la structure de l'aéronef par rapport à l'horizontale (rotation autour de l'axe X). La tension délivrée est égale à la moitié de Vreg si l'angle avec l'horizontale est nul. Elle est supérieure à la moitié de Vreg si l'angle est positif. Elle est inférieure à la moitié de Vreg si l'angle est négatif.

35 La ligne 132 est une tension analogique délivrée par le capteur de tangage (62) : la tension délivrée est proportionnelle à l'angle que fait la structure de l'aéronef par rapport à l'horizontale (rotation autour de l'axe Y). La tension délivrée est égale à la moitié de Vreg si l'angle avec

l'horizontale est nul. Elle est supérieure à la moitié de Vreg si l'angle est positif. Elle est inférieure à la moitié de Vreg si l'angle est négatif.

La ligne 133 est une tension analogique délivrée par le capteur de mouvement de lacet (63) : la tension délivrée est proportionnelle à la vitesse de rotation de l'aéronef autour de l'axe Z. Ce capteur utilise en effet le couple de précession que subit le dispositif gyrocompas lorsque l'aéronef tourne autour de l'axe Z. Ce couple est proportionnel à la vitesse de rotation. Un accéléromètre transforme ce couple en sortie analogique.

La tension délivrée est égale à la moitié de Vreg si la vitesse de rotation est nulle. Elle est supérieure à la moitié de Vreg si la vitesse de rotation est positive. Elle est inférieure à la moitié de Vreg si la vitesse de rotation est négative.

Le schéma électrique du boîtier de commande est présenté sur la figure FIG.8.

15 Le boîtier de commande est alimenté par la masse (140) et par la tension Vreg (141).

Les mouvements de la manette dans le boîtier de commande déplacent des curseurs et font varier la valeurs analogiques de sortie pour chacune des commandes de mouvement.

20 Pour la commande de tangage, le mouvement de la manette fait bouger le curseur (160) dans la direction (70) ou (72). La tension délivrée par le curseur (160) est proportionnelle à la position de la manette. En l'absence d'effort sur la manette, la tension délivrée est la moitié de Vreg. Quand la manette est poussée dans la direction (70), la tension diminue. Quand la 25 manette est tirée dans la direction (72), la tension augmente.

Pour la commande de roulis, le mouvement de la manette fait bouger le curseur (161) dans la direction (71) ou (73). Comme pour la commande de tangage, la tension délivrée par le curseur (161) est proportionnelle à la position de la manette.

30 Pour la commande de rotation, le mouvement de la manette fait bouger le curseur (162) dans la direction (75) ou (76). Comme pour la commande de tangage ou de roulis, la tension délivrée par le curseur (162) est proportionnelle à la position de la manette.

35 Pour les mouvements de montée et de descente, l'information délivrée est du type tout ou rien. Lorsque le bouton + (78) est appuyé, la tension délivrée par le basculeur (163) est la tension nulle. Lorsque le bouton - (79) est appuyé, la tension délivrée par le basculeur (163) est la tension Vreg.

Dans une variante de l'invention, le contacteur (170) génère une information pour l'unité de contrôle pour déclencher l'allumage des feux avant de l'aéronef. Le contacteur (171) génère une information pour l'unité de contrôle pour déclencher le signal sonore de l'aéronef.

5

ASSERVISSEMENT

L'asservissement de contrôle du vol est représenté sur les figures FIG.9. et FIG.10.

Les consignes de courant à générer dans chacun des moteurs sont le résultat 10 d'un calcul effectué par le microcontrôleur (84). Ce calcul est destiné à réaliser l'asservissement sur une attitude stable de l'aéronef (1).

En l'absence d'action sur la manette, l'asservissement utilise les 15 informations venant des capteurs (61), (62) et (63) pour converger vers l'attitude verticale de l'aéronef et pour annuler le mouvement de lacet.

L'altitude en Z n'est pas asservie, mais lorsque la poussée est supérieure au poids de l'aéronef, l'aéronef monte et le poids de la partie du câble (2) embarquée augmente. Une altitude d'équilibre est ainsi atteinte.

20 En cas d'action sur la manette (7), le microcontrôleur corrige les consignes en courant envoyés aux moteurs pour provoquer un déséquilibre dans la direction demandée par la manette. Ce déséquilibre est limité par le calcul pour limiter la vitesse de déplacement de l'aéronef et pour que 25 l'asservissement puisse re-stabiliser rapidement l'aéronef dès que l'action sur la manette cesse.

Dans la version représentée sur la figure FIG.9., les consignes de l'asservissement sont élaborées en 2 étapes successives.

La première étape (200) consiste à calculer les corrections à apporter sur 30 les vitesses des quatre hélices pour réduire les écarts d'attitude par rapport à l'attitude idéale (aéronef horizontal et pas de mouvement de lacet).

Contrôle du tangage :

Si l'information délivrée par le capteur (62) indique que l'avant trop bas, 35 alors la correction consiste à augmenter la vitesse de l'hélice 10, diminuer d'autant la vitesse de l'hélice 12, les vitesses des hélices 11 et 13 n'étant pas corrigées.

A l'inverse, si l'information délivrée par le capteur (62) indique que l'avant trop haut, alors la correction consiste à augmenter la vitesse de l'hélice 12, diminuer d'autant la vitesse de l'hélice 10, les vitesses des hélices 11 et 13 n'étant pas corrigées.

5 Contrôle du roulis :

Si l'information délivrée par le capteur (61) indique que l'aéronef est incliné vers la droite, alors la correction consiste à augmenter la vitesse de l'hélice 11, diminuer d'autant la vitesse de l'hélice 13, les vitesses des hélices 10 et 12 n'étant pas corrigées.

10 A l'inverse, si l'information délivrée par le capteur (61) indique que l'aéronef est incliné vers la gauche, alors la correction consiste à augmenter la vitesse de l'hélice 13, diminuer d'autant la vitesse de l'hélice 11, les vitesses des hélices 10 et 12 n'étant pas corrigées.

15 Il est important de remarquer que ces corrections de roulis et de tangage n'entraînent pas de changement du couple de réaction de la rotation des hélices, car les variations se compensent.

Contrôle du lacet :

20 Si l'information délivrée par le capteur (63) indique que l'aéronef tourne dans le sens horaire (vers la droite), alors la correction consiste à augmenter la vitesse des hélices 10 et 12, et diminuer d'autant la vitesse des hélices 11 et 13.

25 A l'inverse, si l'information délivrée par le capteur (63) indique que l'aéronef tourne dans le sens anti-horaire (vers la gauche), alors la correction consiste à augmenter la vitesse des hélices 11 et 13, et diminuer d'autant la vitesse des hélices 10 et 12.

Ces corrections de mouvement de lacet utilisent la variation du couple de réaction pour faire tourner l'aéronef dans le sens désiré.

30 Il est important de noter que l'ensemble des corrections de roulis, tangage ou lacet décrites ci-dessus n'affectent pas la poussée verticale car la somme des vitesses des quatre hélices reste constante.

Ces calculs de correction d'attitude sont effectuées simultanément et les sorties de ce calcul correspondent à quatre nouvelles valeurs de consigne (180), (181), (182) et (183) pour les vitesses des hélices.

35 La seconde étape (201) du calcul d'asservissement consiste à modifier les consignes précédentes en fonction des action sur la manette du boîtier de commande (7).

Lorsque la manette est inclinée vers la direction 70, la valeur de la tension sur la ligne 150 provoque la correction suivante : augmentation de la vitesse

de consigne de l'hélice 12, et diminution de la même valeur de la consigne de vitesse de l'hélice 10, les autres n'étant pas corrigées.

Lorsque la manette est inclinée vers la direction 72, la valeur de la tension sur la ligne 150 provoque la correction suivante : augmentation de la vitesse 5 de consigne de l'hélice 10, et diminution de la même valeur de la consigne de vitesse de l'hélice 12, les autres n'étant pas corrigées.

Lorsque la manette est inclinée vers la direction 71, la valeur de la tension sur la ligne 151 provoque la correction suivante : augmentation de la vitesse de consigne de l'hélice 13, et diminution de la même valeur de la consigne de 10 vitesse de l'hélice 11, les autres n'étant pas corrigées.

Lorsque la manette est inclinée vers la direction 73, la valeur de la tension sur la ligne 151 provoque la correction suivante : augmentation de la vitesse de consigne de l'hélice 11, et diminution de la même valeur de la consigne de vitesse de l'hélice 12, les autres n'étant pas corrigées.

15 Lorsque la manette est tournée vers la direction 75, la valeur de la tension sur la ligne 152 provoque la correction suivante : augmentation des vitesses de consigne des hélices 11 et 13, et diminution de la même valeur de la consigne de vitesse des hélices 10 et 12, les autres n'étant pas corrigées.

Lorsque la manette est tournée vers la direction 76, la valeur de la tension 20 sur la ligne 152 provoque la correction suivante : augmentation des vitesses de consigne des hélices 11 et 12, et diminution de la même valeur de la consigne de vitesse des hélices 11 et 13, les autres n'étant pas corrigées.

Lorsque le bouton 78 est actionné, la ligne 153 provoque l'augmentation de vitesses sur les quatre hélices.

25 Lorsque le bouton 79 est actionné, la ligne 153 provoque la diminution de vitesses sur les quatre hélices.

Ces calculs de correction par les commandes de la manette sont effectuées simultanément et le calcul limite le déséquilibre provoqué par les demandes 30 issues de la manette. Les sorties de ce calcul correspondent à quatre nouvelles valeurs de consigne (120), (121), (122) et (123) pour les vitesses des hélices.

L'ensemble de l'asservissement est recalculé à chaque instant en temps réel.

35

Dans une autre version de l'asservissement présenté sur la figure FIG.10, l'ensemble des calculs est réalisé en une seule étape (210), et utilise des filtrages d'asservissement multidimensionnels classiques : corrections proportionnelles, dérivées et intégrales.

Une autre caractéristique du logiciel du microcontrôleur est d'autoriser le décollage de l'aéronef uniquement après un certain temps d'alimentation du dispositif gyroscopique de manière à ce que la vitesse de rotation maximale 5 du dispositif gyroscopique soit atteinte avant le décollage, ce qui assure la stabilité verticale.

10 SOCLE DE RECHARGE (5)

Le socle de recharge est un élément classique. Il se branche sur l'alimentation du secteur au moyen d'une prise standard. Il comporte un réceptacle qui permet de recevoir l'unité de contrôle ou seulement la batterie rechargeable, dans le cas d'une utilisation alternée avec deux 15 batteries.

VARIANTE AVEC MICRO-CAMERA

Dans une variante de l'invention, l'aéronef embarque une micro-caméra (300) dans sa partie avant comme représenté dans la figure FIG.13. Le câble vidéo 20 (301) chemine alors avec l'autre câble d'alimentation (2) qui relie l'aéronef au sol. Un écran vidéo (302) porté par l'utilisateur affiche les images captées par la micro-caméra.

Le but de cette variante est de proposer un système de télé-inspection, particulièrement adapté pour inspecter des composants ou des ouvrages situés 25 en hauteur et difficile d'accès.

D'autres variantes peuvent être imaginées, en ajoutant à la micro-caméra un outil destiné à pratiquer une télé-opération. Un exemple est la neutralisation d'un nid d'insectes dangereux en pulvérisant un spray 30 d'insecticide embarqué à bord de l'aéronef.

AVANTAGES DE L'INVENTION

Un des avantages de l'invention est de proposer un système d'aéronef amusant et éducatif, particulièrement adapté à l'apprentissage du pilotage d'un 35 aéronef du type hélicoptère.

Un des autres avantages de l'invention est de proposer, via une micro-caméra embarquée, un système de télé-inspection très utile.

EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT POUR LA VERSION JOUET

Diamètre des hélices : de 15 à 20 cm

Diamètre de l'aéronef : 50cm

5 Poids de l'aéronef : 400 g

Tension d'utilisation : 14 V

Capacité de l'accumulateur : 1,5 Ah

REVENDICATIONS

5 [1] Aéronef, propulsé par l'énergie électrique, piloté et alimenté à distance au moyen d'un câble électrique souple, comportant un châssis, quatre propulseurs à hélice fixés sur ledit châssis et un rotor gyroscopique indépendant fixé également sur le dit châssis, caractérisé en ce qu'il est capable de faire du vol stationnaire et de se déplacer de façon maîtrisée dans les trois dimensions.

10 [2] Aéronef selon la revendication [1], caractérisé en ce que la source d'énergie au sol est un accumulateur électrique rechargeable, porté par l'utilisateur ou posé au sol .

15 [3] Aéronef selon l'une quelconque des revendications [1] à [2], caractérisé en ce que les moyens propulsifs sont constitués de 4 hélices entraînées chacune par un moteur électrique à courant continu, 2 hélices tournant dans le sens horaire et diamétralement opposées, et 2 hélices tournant dans le sens anti-horaire, diamétralement opposées.

20 [4] Aéronef selon l'une quelconque des revendications [1] à [3], caractérisé en ce que la commande de chacun des moteurs électriques accouplés aux hélices est piloté au moyen d'un courant haché PWM par un dispositif électronique de commande non embarqué.

[5] Aéronef selon l'une quelconque des revendications [1] à [4], caractérisé en ce que l'organe de pilotage est une manette unique permettant la commande de tangage, la commande de roulis, la commande de mouvement de lacet, la commande de montée et la commande de descente.

25 [6] Aéronef selon l'une quelconque des revendications [1] à [5], caractérisé en ce qu'il comporte en outre des capteurs d'inclinaison par rapport à la verticale et un asservissement électronique permettant, en l'absence de sollicitation sur la manette, de conserver la position verticale.

30 [7] Aéronef selon l'une quelconque des revendications [1] à [6], caractérisé en ce qu'il comporte en outre un dispositif gyrocompas de mesure de la vitesse de rotation de lacet et un asservissement électronique permettant, en l'absence de sollicitation sur la manette, d'annuler le mouvement de lacet.

35 [8] Aéronef selon l'une quelconque des revendications [1] à [7], caractérisé en ce qu'il comporte en outre une micro-caméra embarquée relié à un écran vidéo visible par l'utilisateur.

[9] Procédé de contrôle d'un aéronef selon l'une quelconque des revendications [1] à [8], caractérisé en ce qu'il comporte un asservissement électronique utilisant les capteurs d'inclinaison et de mouvement de lacet en vue d'asservir l'attitude de l'aéronef sur l'attitude idéale horizontale, au moyen du pilotage en courant des quatre moteurs électriques.

5 [10] Procédé de contrôle d'un aéronef selon la revendication [9], caractérisé en ce qu'il comporte en outre une prise en compte des mouvements de la manette pour provoquer un écart d'attitude en roulis, tangage, lacet, 10 montée ou descente afin de générer le déplacement souhaité de l'aéronef.

1/5

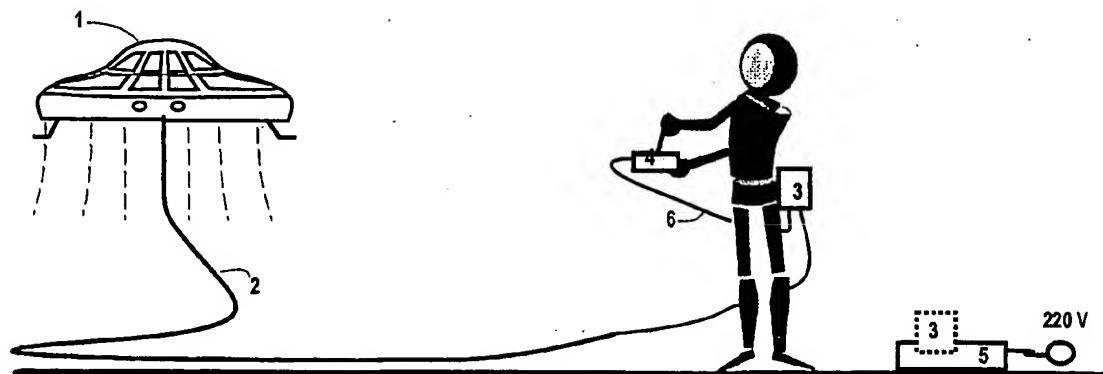


FIG. 1

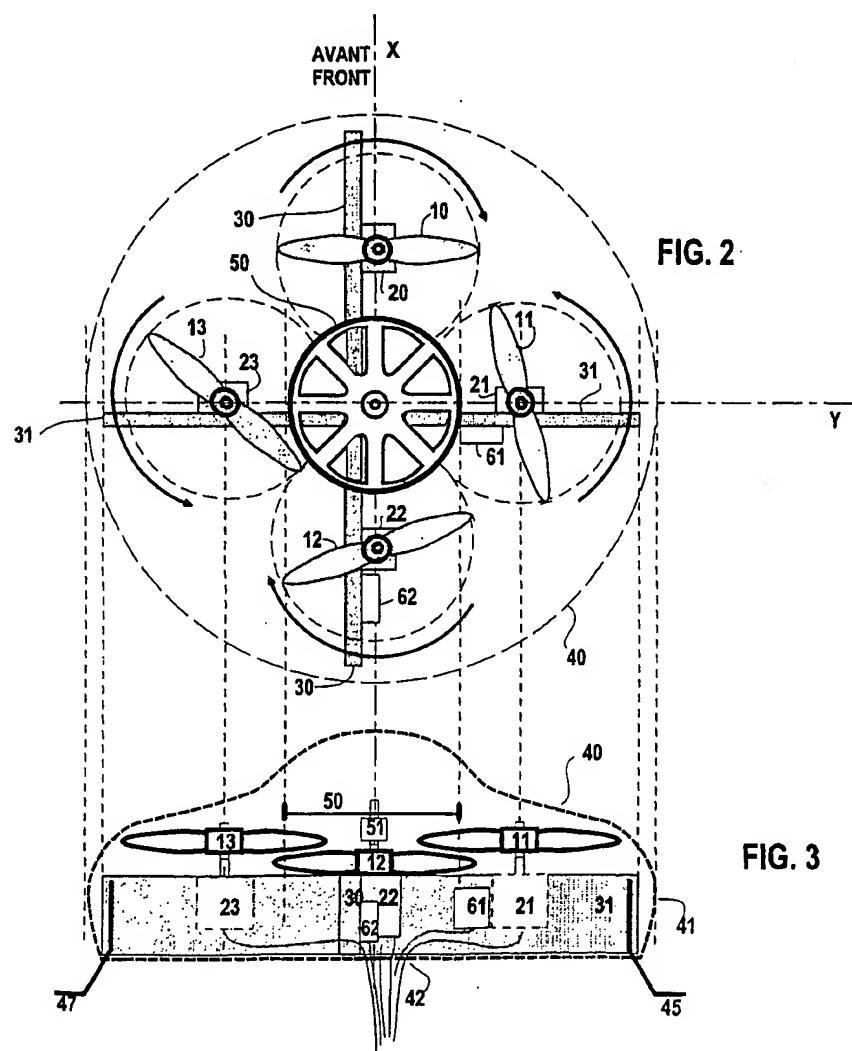
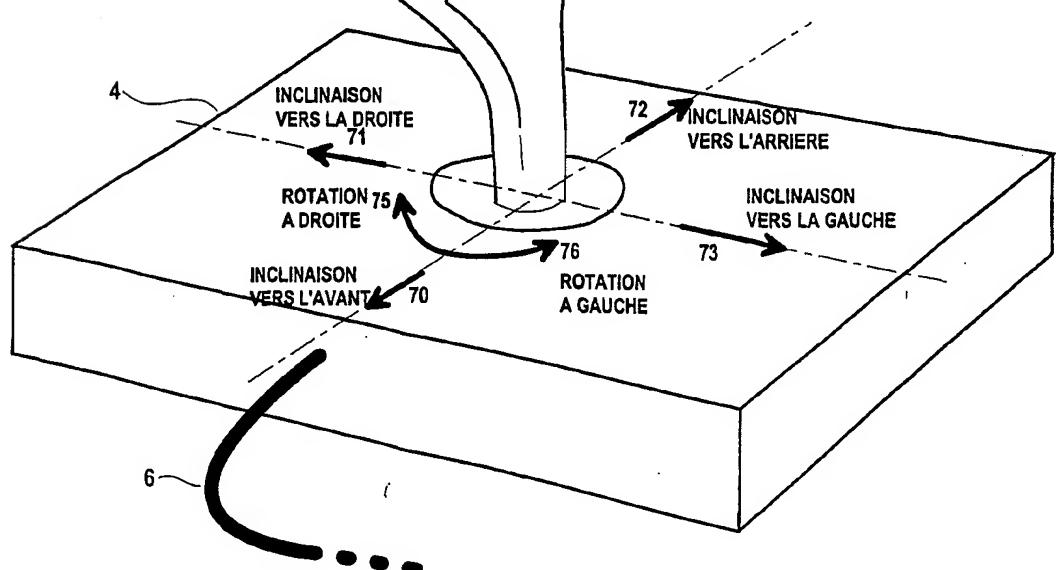
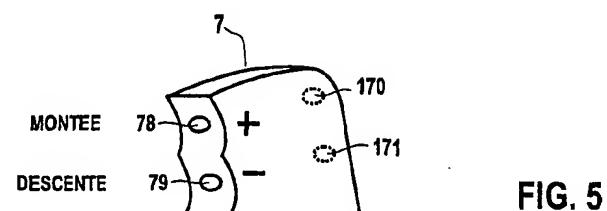
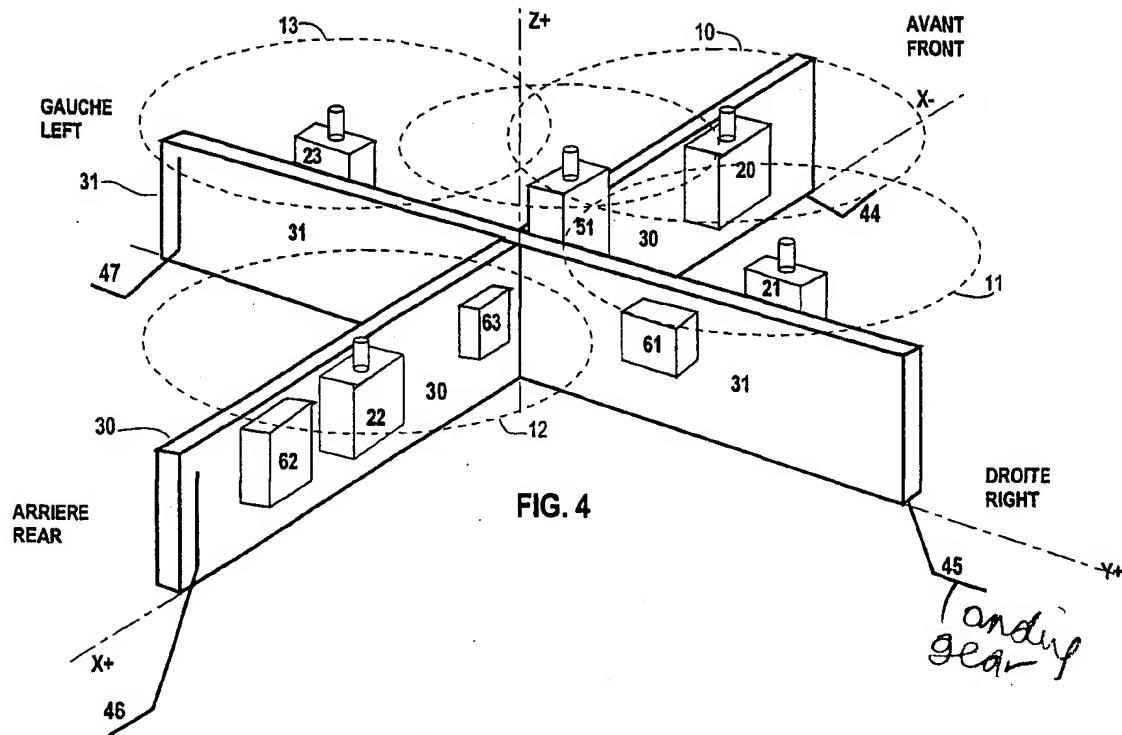


FIG. 2

FIG. 3

2/5



3/5

FIG. 6

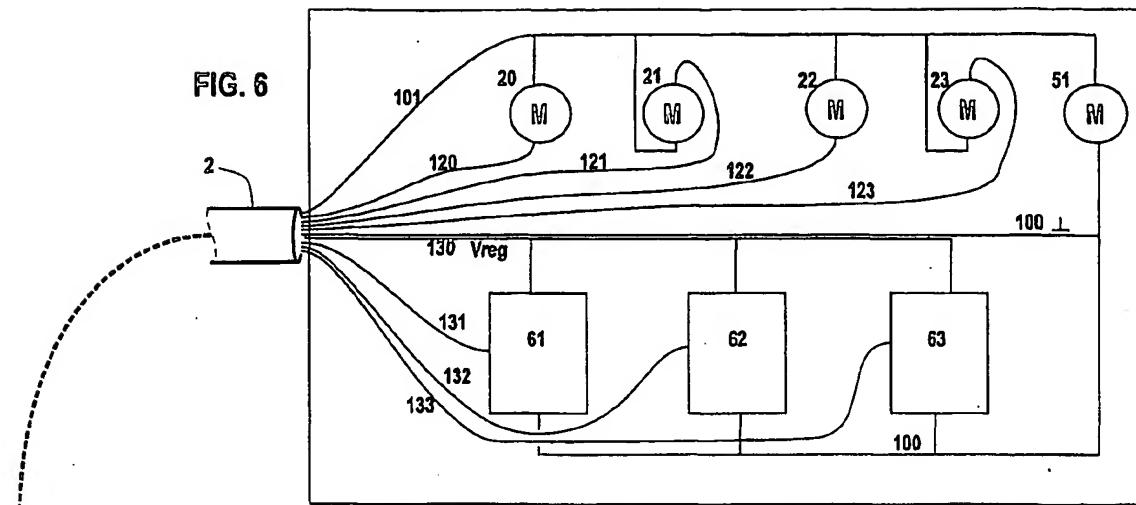
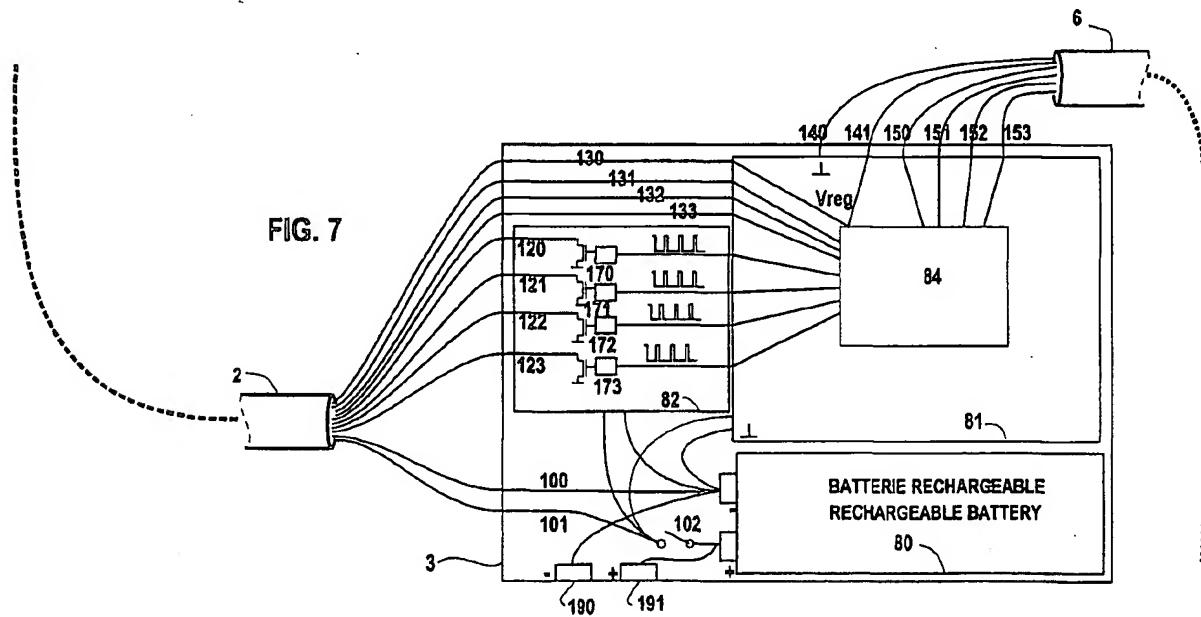
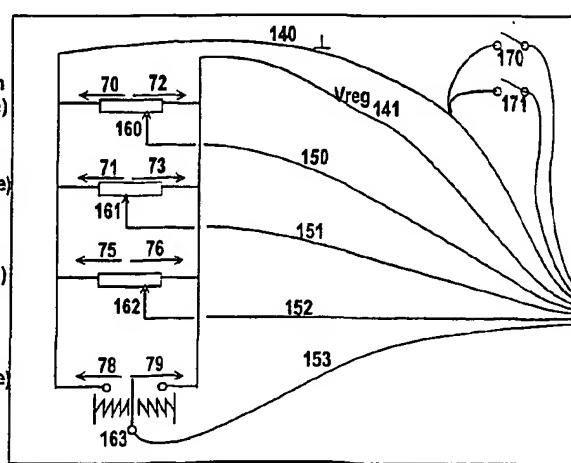


FIG. 7



tangage / Pitch
 (avant - arrière)
 roulis / Roll
 (droite - gauche)
 lacet / Yaw
 (droite - gauche)
 collectif
 (montée - descente)

FIG. 8



4/5

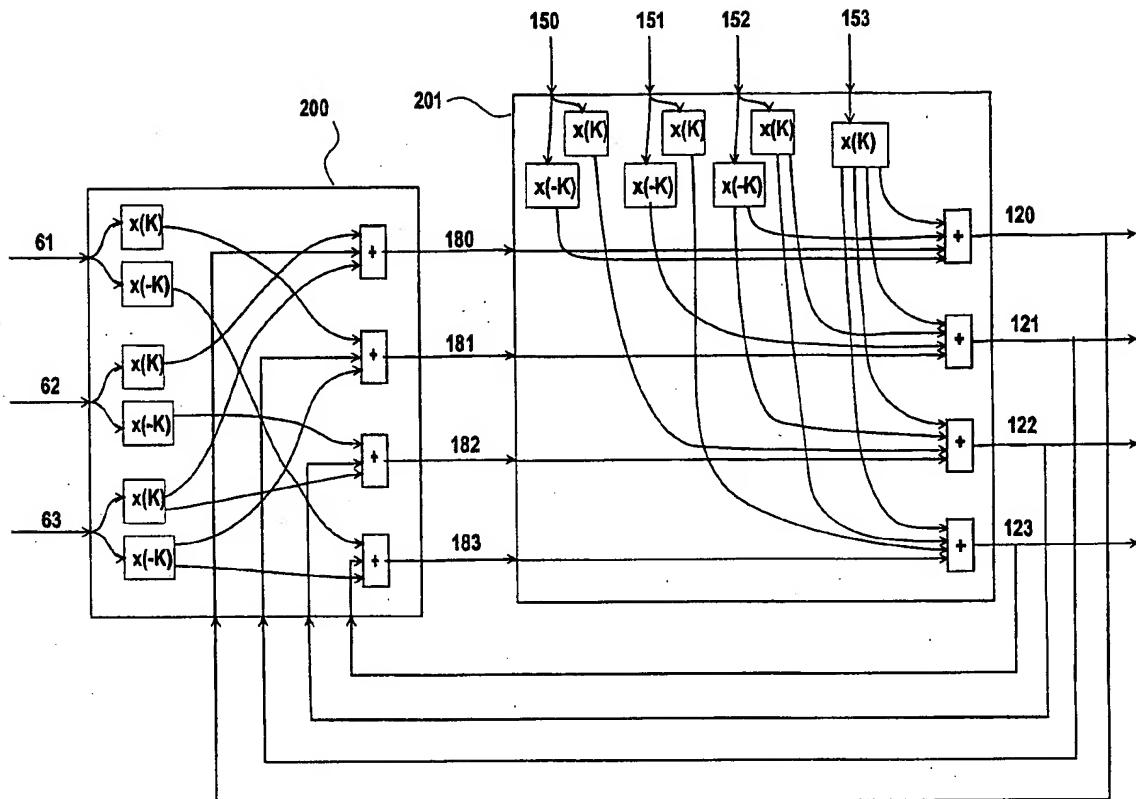


FIG. 9.

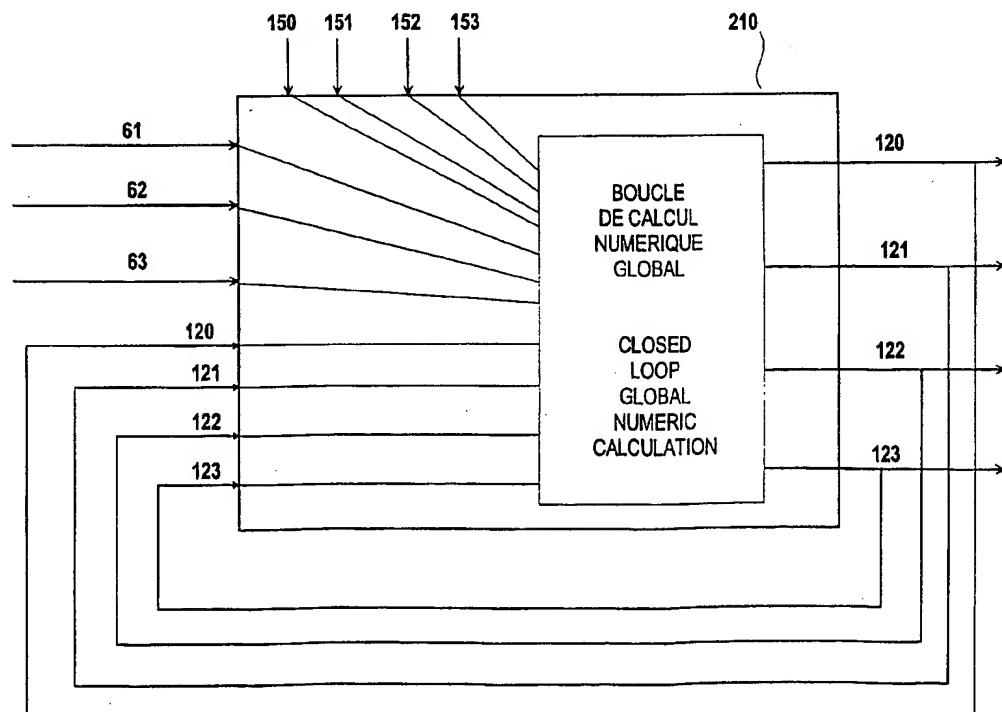


FIG. 10

5/5

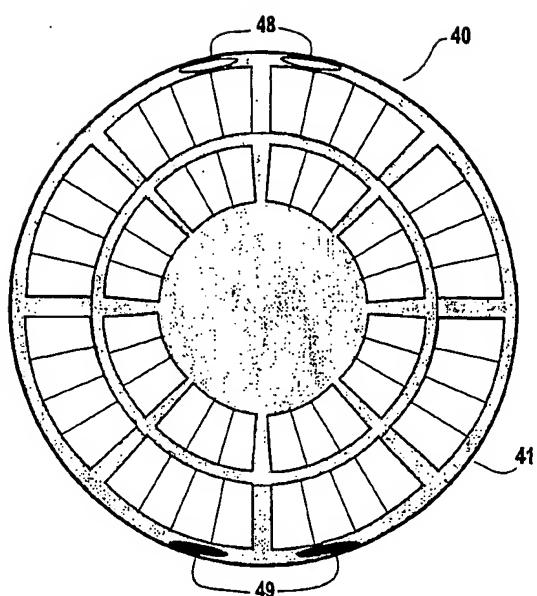


FIG. 11

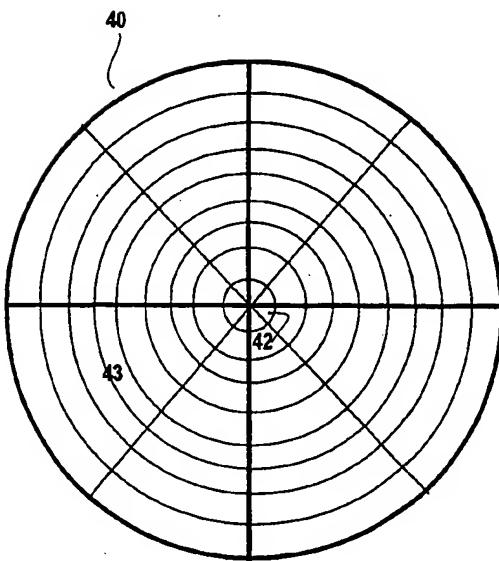


FIG. 12

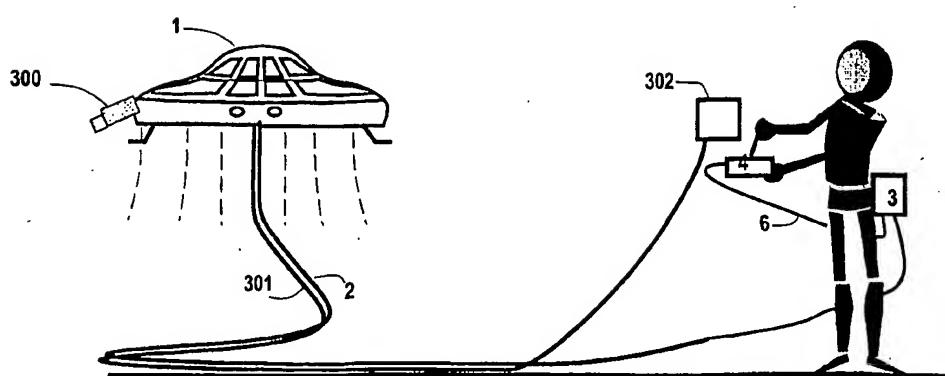


FIG. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interr Application No
PCT/FR 01/01018A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 A63H27/127 A63H27/04 A63H30/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 A63H G05D G05G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 082 079 A (LISSAMAN PETER B S ET AL) 21 January 1992 (1992-01-21)	1,3,4
A	column 2, line 15-55 column 3, line 9-28 figures 1-4 ---	2
Y	US 5 971 320 A (JERMYN PHILLIP MATTHEW ET AL) 26 October 1999 (1999-10-26) cited in the application	1,3,4
A	column 1, line 22 -column 2, line 35 column 2, line 60 -column 3, line 51 column 7, line 16-28 column 7, line 59-65 column 8, line 35 -column 9, line 5 figures 1-5 ---	5
.		-/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual compilation of the International search

10 July 2001

Date of mailing of the international search report

16/07/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Salvignol, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No.
PCT/FR 01/01018

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 360 219 A (VOORHIS F WIGAL) 26 December 1967 (1967-12-26) column 1, line 36-58 column 2, line 31-39 column 4, line 34-55 figures 1-6 ---	1,3
A	BE 875 196 A (CEJI COMP GENERALE JOUET IMPOR) 16 July 1979 (1979-07-16) page 4, line 9 -page 6, line 8 figure 3 ---	2
A	GB 2 317 000 A (TAPPER JEREMY LANCE) 11 March 1998 (1998-03-11) page 1, line 1-26; claims 1,3-9; figures 1-9 ---	5
A	DE 295 00 702 U (JAMARA MODELLTECHNIK INH ERICH) 2 March 1995 (1995-03-02) the whole document ---	6
A	DE 199 13 651 A (FUTABA DENSHI KOGYO KK) 30 September 1999 (1999-09-30) column 1, line 3-38 ---	7,8
A	US 5 035 382 A (LISSAMAN PETER B S ET AL) 30 July 1991 (1991-07-30) column 1, line 5-25 column 3, line 42 -column 4, line 24 column 5, line 11-23 figures 1-2A ---	6-8
A	DE 297 22 060 U (WESTERTEICHER KLAUS) 19 February 1998 (1998-02-19) page 2, line 40-65 page 3, line 10-18 ---	6,7,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/FR 01/01018

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 5082079	A	21-01-1992	US	5070955 A	10-12-1991
US 5971320	A	26-10-1999	WO	9910235 A	04-03-1999
US 3360219	A	26-12-1967	NONE		
BE 875196	A	16-07-1979	NONE		
GB 2317000	A	11-03-1998	NONE		
DE 29500702	U	02-03-1995	NONE		
DE 19913651	A	30-09-1999	JP	11276722 A	12-10-1999
			TW	380218 B	21-01-2000
			US	6227482 B	08-05-2001
US 5035382	A	30-07-1991	IL	94093 A	30-05-1994
DE 29722060	U	19-02-1998	NONE		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 01/01018

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 CIB 7 A63H27/127 A63H27/04 A63H30/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
 CIB 7 A63H G05D G05G

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 5 082 079 A (LISSAMAN PETER B S ET AL) 21 janvier 1992 (1992-01-21)	1, 3, 4
A	colonne 2, ligne 15-55 colonne 3, ligne 9-28 figures 1-4	2
Y	US 5 971 320 A (JERMYN PHILLIP MATTHEW ET AL) 26 octobre 1999 (1999-10-26) cité dans la demande	1, 3, 4
A	colonne 1, ligne 22 -colonne 2, ligne 35 colonne 2, ligne 60 -colonne 3, ligne 51 colonne 7, ligne 16-28 colonne 7, ligne 59-65 colonne 8, ligne 35 -colonne 9, ligne 5 figures 1-5	5

	-/-	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

10 juillet 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

16/07/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
 Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Salvignol, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR 01/01018

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 3 360 219 A (VOORHIS F WIGAL) 26 décembre 1967 (1967-12-26) colonne 1, ligne 36-58 colonne 2, ligne 31-39 colonne 4, ligne 34-55 figures 1-6 ---	1,3
A	BE 875 196 A (CEJI COMP GENERALE JOUET IMPOR) 16 juillet 1979 (1979-07-16) page 4, ligne 9 -page 6, ligne 8 figure 3 ---	2
A	GB 2 317 000 A (TAPPER JEREMY LANCE) 11 mars 1998 (1998-03-11) page 1, ligne 1-26; revendications 1,3-9; figures 1-9 ---	5
A	DE 295 00 702 U (JAMARA MODELLTECHNIK INH ERICH) 2 mars 1995 (1995-03-02) le document en entier ---	6
A	DE 199 13 651 A (FUTABA DENSHI KOGYO KK) 30 septembre 1999 (1999-09-30) colonne 1, ligne 3-38 ---	7,8
A	US 5 035 382 A (LISSAMAN PETER B S ET AL) 30 juillet 1991 (1991-07-30) colonne 1, ligne 5-25 colonne 3, ligne 42 -colonne 4, ligne 24 colonne 5, ligne 11-23 figures 1-2A ---	6-8
A	DE 297 22 060 U (WESTERTEICHER KLAUS) 19 février 1998 (1998-02-19) page 2, ligne 40-65 page 3, ligne 10-18 ---	6,7,9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No	PCT/FR 01/01018
---------------------------	-----------------

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5082079 A	21-01-1992	US 5070955 A	10-12-1991
US 5971320 A	26-10-1999	WO 9910235 A	04-03-1999
US 3360219 A	26-12-1967	AUCUN	
BE 875196 A	16-07-1979	AUCUN	
GB 2317000 A	11-03-1998	AUCUN	
DE 29500702 U	02-03-1995	AUCUN	
DE 19913651 A	30-09-1999	JP 11276722 A TW 380218 B US 6227482 B	12-10-1999 21-01-2000 08-05-2001
US 5035382 A	30-07-1991	IL 94093 A	30-05-1994
DE 29722060 U	19-02-1998	AUCUN	

